Wie bauen für die 1-Tonne-CO_2-Gesellschaft?

Holger Wallbaum
Chalmers Universität
Architektur und Bauingenieurwissenschaften
Professur für nachhaltiges Bauen
Göteborg, Schweden

Wie bauen für die 1-Tonne-CO_2-Gesellschaft?

1. Zum Einstieg

1.1. Die 2000-Watt-Gesellschaft und 1-Tonnen-CO_2-Gesellschaft

Die 1 Tonnen-CO_2-Gesellschaft hat ihre Wurzeln in der sogenannten 2000-Watt-Gesellschaft, die im Forschungsbereich der Eidgenössisch Technischen Hochschulen und der angeschlossenen Forschungsinstitute (genannt ETH-Bereich) in den frühen neunziger Jahren entwickelt wurde. Angesichts der zunehmenden Hinweise auf den Klimawandel stellte sich die Frage nach der Ausgestaltung einer nachhaltigen und gerechten Energieversorgung. Als Zielwert wurde eine Leistung von 2000 Watt pro Kopf auf Stufe Primärenergie festgelegt.

> 2000 Watt entsprechen dem Weltjahresverbrauch von 17.520 kWh (Kilowattstunden) pro Person aus dem 1990 (Kesselring und Winter 1994). Übertragen hiesse dies: 2000 Joule pro Sekunde bzw. 48 Kilowattstunden pro Tag bzw. 17.520 Kilowattstunden pro Jahr bzw. ein Verbrauch von rund 1.700 Liter Heizöl oder Benzin (Endenergie) pro Jahr und Person.

Tatsächlich liegt der durchschnittliche Energiebedarf weltweit derzeit (2018) bei rund 2500 Watt (Energie Schweiz 2018a). Doch sind die Unterschiede zwischen den Ländern enorm: Während es in den Entwicklungsländern einige hundert Watt sind, haben Industrieländer einen sechs bis sieben Mal höheren Verbrauch als die angestrebten 2000 Watt.

Für Deutschland hat der umweltpolitische Dachverband DNR im Mai 2011 einen Sechs-Punkte-Plan (DNR 2011) zum Umbau des Energiesystems mit dem Ziel einer 2000-Watt-Gesellschaft vorgelegt[1]. Im April 2011 beschloss die Stadt Radolfzell, eine 2000-Watt-Gesellschaft bis 2050 anzustreben und mittlerweile sind es zehn Kommunen im Bodenseeraum (vier davon in Deutschland), die sich dieses Ziel vorgenommen haben.

Seit dem Höhenpunkt im Jahr 2000 haben der Primärenergiebedarf sowie die Treibhausgasemissionen pro Einwohner in der Schweiz stetig abgenommen und erreichten im Jahr 2017 rd. 6,5 Tonnen CO_2-Äquivalente pro Einwohner und Jahr (Abbildung 1). Als Hauptgründe für die positive Entwicklung sind die Verbesserung des nationalen Strommixes, ein konstanter Gesamtenergieverbrauch, bei steigender Gesamtbevölkerung sowie eine ambitionierte Energiepolitik der letzten Jahre ins Feld zu führen. Über 100 Städte und Gemeinden sowie 23 der 26 Kantone haben die Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft in ihren energiepolitischen Zielvorgaben verankert und einige Gemeinden haben sich in einer Volksabstimmung dazu bekannt.

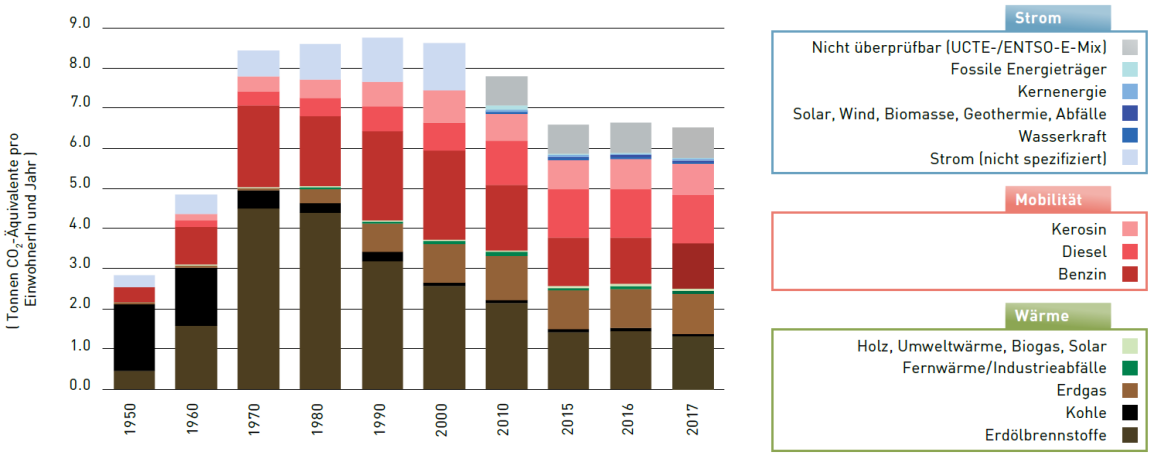


Abbildung 1: Treibhausgas-Bilanzierung für die Schweiz – Energiebedingte Treibhausgasemissionen nach Energieträger (Basis Endenergie) (Energie Schweiz 2018b)

[1] http://de.nachrichten.yahoo.com/naturschutzring-plädiert-für-2-000-watt-gesellschaft-095414998.html (aufgerufen am 11.11.2018)

Da die Größe von 1 Tonne CO_2 sehr abstrakt ist, soll sie anhand einiger einfacher Beispielen greifbarer gemacht werden. Bei einem durchschnittlichen Benzinverbrauch von 8,5 Litern kann man knapp 5'000 Kilometer mit dem Auto zurücklegen und emittiert dabei 1 Tonne CO_2. Alternativ entspräche dies auch ungefähr vier Flügen von München nach Göteborg und zurück. Eine Buche, die über 80 Jahre wächst und über eine Gesamthöhe von 23 Meter und einem Stammdurchmesser von 30 Zentimeter verfügt, nimmt über diese Zeit rund 1 Tonne CO_2 auf. Im europäischen CO_2-Emissionshandel würde diese Tonne CO_2 heute keine 20 Euro kosten[2].

1.2. Die globalen klimapolitischen Zielsetzungen

Das United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) sieht in dem sogenannten Paris-Abkommen vom 12. Dezember 2015 vor, die Erderwärmung auf deutlich unter 2 Grad zu beschränken, wobei als wünschenswert und ambitionierte Zielgrösse eine Erwärmung der globalen Temperatur von 1,5 Grad Celsius festgeschrieben wurde. Dafür muss die CO_2-Konzentration in der Atmosphäre stabilisiert werden. Solange sich aber 80 Prozent der Energie aus fossilen Energieträgern wie Erdöl, Kohle oder Erdgas zusammensetzt, werden bei der Verbrennung jährlich enorme Mengen CO_2 in die Atmosphäre emittiert. 2016 waren es rund 32,3 Milliarden Tonnen CO_2 (IEA 2018, Abbildung 2).

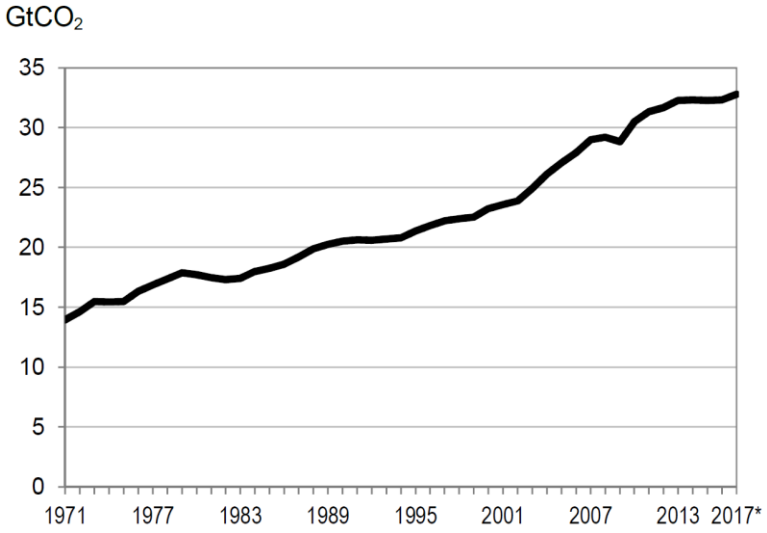


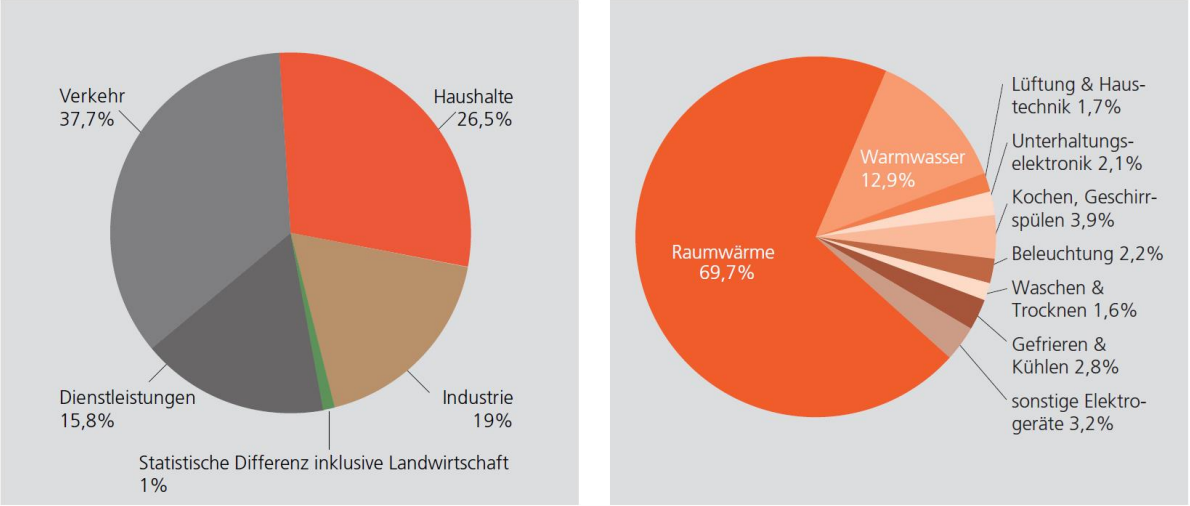
Abbildung 2: Globaler Trend der CO_2-Emissionen aus der Verbrennung von fossilen Energieträgern (IEA 2018: 9)

Erfreulicherweise ist unser natürliches Ökosystem aber im Stande, jährlich 10 Milliarden Tonnen dieses Treibhausgases aufzunehmen. Die größten Senken sind dabei die Ozeane. Der große Rest bleibt aber für rund 100 Jahre in der Atmosphäre. Um die Treibhausgaskonzentration der Atmosphäre im Sinne des Pariser Klimaabkommens von 2015 zu stabilisieren, dürfen also jährlich nur 10 Milliarden Tonnen CO_2 (weniger als ein Drittel des heutigen Ausstoßes) emittiert werden. Diese entspräche dann der Menge, die das natürlichen Ökosystem während eines Jahres aufnehmen kann. Um dieses Ziel im Jahr 2100 zu erreichen, müssen unsere Emissionen also um zwei Drittel gesenkt werden, doch gleichzeitig wächst die Weltbevölkerung rasant weiter. Nach Prognosen von UN Habitat wird diese bis Ende dieses Jahrhunderts vielleicht auf mehr als 11 Milliarden Menschen auf der Erde anwachsen[3]. Unter dem Strich darf also jeder Bewohner der Erde jedes Jahr genau eine Tonne CO_2 ausstoßen, denn nur dann kann die CO_2-Konzentration stabilisiert werden.

[2] https://markets.businessinsider.com/commodities/co2-emissionsrechte (aufgerufen am 11.11.2018)
[3] https://www.un.org/development/desa/en/news/population/world-population-prospects-2017.html (aufgerufen am 11.11.2018)

2. Der Beitrag des Gebäudesektors am Energieverbrauch und den Treibhausgasemissionen

Gebäude sind für etwa 40 Prozent des Energieverbrauchs und 36 Prozent der CO_2-Emissionen in der Europäischen Union verantwortlich[4], wobei es große nationale Unterschiede festzustellen gibt. So liegen die Treibhausgasemissionen im Gebäudepark der Schweiz bei 26,5 Prozent und die Schwedens eher bei 18 Prozent, wohingegen diese in Deutschland eher 30 Prozent betragen. Diese Unterschiede resultieren maßgeblich aus den sehr unterschiedlichen Energieträgern, die vor allen für die Bereitstellung der Raumwärme eingesetzte werden, die mit rund 70 Prozent den Hauptanteil am durchschnittlichen Energieverbrauch der privaten Haushalte ausmacht (Abbildung 3).

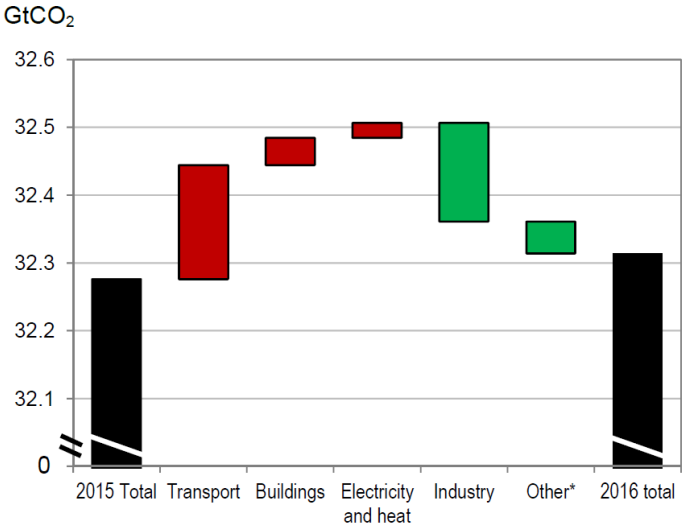


Anteile der Sektoren am schweizerischen Endverbrauch von Energie (Quelle: BFE, Gesamtenergiestatistik 2014).

Durchschnittlicher Energieverbrauch im Sektor Private Haushalte (Quelle: Prognos 2013).

Abbildung 3: Anteil der Sektoren am schweizerischen Endverbrauch von Energie sowie der durchschnittliche Energieverbrauch im Sektor Private Haushalte in der Schweiz

In den letzten Jahren konnte man beobachten, dass es eine Effizienzsteigerung im Industriesektor stattgefunden hat, die zu geringeren CO_2-Emissionen geführt hat. Gleichzeitig wurden diese Gewinne aber überkompensiert durch einen deutlichen Anstieg im Verkehrssektor und in geringerem Ausmaß dem Gebäudesektor (Abbildung 4).



*Other here includes agriculture/forestry, fishing and other non-specified.

Abbildung 4: Globale Verteilung der CO_2 Emissionen nach Sektoren im Jahr 2016 im Vergleich zu 2015 (IEA 2018: 10)

[4] https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings (aufgerufen am 11.11.2018)

Im Gegensatz zum globalen Trend, der vor allem durch den rasanten Bau von neuen Wohnungen für eine steigende Weltbevölkerung in urbanen Räumen getrieben ist, sind in der Europäischen Union durchaus Erfolge zu beobachten, dass sich die Energieeffizienz pro Quadratmeter Wohnfläche gesteigert werden konnte. Dies liegt vor allem in den immer strenger gewordenen gesetzlichen Vorgaben für Neubauten begründet, die mit den Anforderungen an Nahezu-Nullenergie-Gebäude, auch für private Bauherren, ab dem Jahr 2020 ihren vorläufigen Höhepunkt gefunden hat. Ab diesem Zeitpunkt wird – sehr verkürzt gesprochen - davon ausgegangen, dass neuerrichtete Gebäude mehr Energie erzeugen, als diese über ihren gesamten Lebenszyklus verbrauchen. Einschränkend muss hier aber konstatiert werden, dass in dieser Betrachtungsweise nur eine Fokussierung auf die Betriebsphase eines Gebäudes gelegt wird. Die Herstellung und die mit der Errichtung eines Gebäudes einhergehenden Transporte und den daraus resultierenden Treibhausgasemissionen („Graue Treibhausgasemissionen") bleiben darin unberücksichtigt. Darüber hinaus müssen wir uns vergegenwärtigen, dass der Gesamtenergieverbrauch des Gebäudeparks in Europa, auch im Jahr 2050, mit ca. 75 Prozent mehrheitlich aus den bereits heute im Markt befindlichen Gebäuden dominiert wird.

3. Handlungspyramide zur Erreichung der 1-Tonnen-CO_2-Gesellschaft im Gebäudesektor

In den vorherigen Kapiteln wurden einige Fakten dargelegt, die den gegenwärtigen Stand der globalen und europäischen Energienutzung sowie der Treibhausgasemissionen beschreiben und dabei wurden auch die relevanten Faktoren und Treiber im Gebäudesektor benannt. In diesem Kapitel soll ein Katalog von Handlungsoptionen unterbreitet werden, wie eine 1-Tonnen-CO_2-Gesellschaft im Gebäudesektor bis zum Jahr 2100 zu erreichen ist.

Da eine zunehmende Elektrifizierung des Gebäudesektors zu beobachten zu beobachten ist und fossile Energieträger, zumindest in Europa, auf dem Rückzug sind, ist ein forcierter Ausbau der erneuerbaren Energien[5] der relevanteste Schritt in Richtung der 1-Tonnen-CO_2-Gesellschaft (Heeren et al. 2012, Mosteiro-Romero et al. 2014, Heeren et al. 2015).

Die Bestrebungen zur Energieeffizienzsteigerung müssen von dem Neubau auf den Gebäudebestand ausgeweitet werden. Neben punktuellen energetischen Sanierungsprogrammen, sind zunehmend Stimmen zu hören, die auch einen „Sanierungszwang" für Bestandsgebäude thematisieren. Bei den heutigen durchschnittlichen Sanierungsraten von 0,5-1,5 Prozent pro Jahr (die energetisch wirksamen Maßnahmen liegen häufig noch darunter) im europäischen Gebäudepark, liegen diese Überlegungen nahe.

Mit den gesetzlichen Vorgaben zu den Nahezu-Nullenergie-Gebäuden verändern sich die Verhältnisse der ökologischen Wirkungen zwischen Erstellungs- und Nutzungsphase. Ist im Altbau die Nutzungsphase für rund 80 Prozent der ökologischen Wirkungen verantwortlich (dies hängt natürlich stark von den klimatischen Rahmenbedingen ab, kann aber für Mittel- und Nordeuropa durchschnittlich angenommen werden), so entfallen mindestens 50 Prozent der ökologischen Wirkungen auf die Erstellungsphase bei sehr energieeffizienten Neubauten. Die Primärenergieaufwendungen (oder auch „Grauen Energie" genannt) gewinnen zunehmend an Bedeutung (Wallbaum et al. 2013). Dies erfordert eine stärkere Nutzung von CO_2-freundlichen Baustoffen. Insbesondere biotische Baustoffe können einen wichtigen Beitrag zur Erreichung der 1-Tonnen-CO_2-Gesellschaft leisten, wenn über den gesamten Lebenszyklus auch eine hohe technische Qualität gewährleistet ist.

Um die Primärenergieaufwendungen zu reduzieren, sind (Ersatz-)Neubauten nur dann zu realisieren, wenn bspw. Aufstockungen durch Leichtbaukonzepte im Gebäudebestand nicht sinnvoll erscheinen. Primäre ökonomische Überlegungen sind hier mit den ökologischen Mehraufwendungen sinnvoll gegeneinander abzuwägen.

Die Wohnflächennutzung pro Kopf ist eine weitere relevante Größe, die auch als „rebound effect" bezeichnet wird. Darunter wird verstanden, dass die Energieeffizienzsteigerungen pro Quadratmeter und Jahr teilweise überkompensiert werden, da wir uns immer größere, wenn auch energieeffizientere Gebäude, leisten. Pro Kopf nahm die Wohnflächennutzung

[5] Dies bezieht immer den Ausbau der Netze sowie ein geeignetes (Last-)Management mit ein.

in Deutschland zwischen 2011 und 2017 von 46,1 Quadratmetern auf 46,5 Quadratmeter zu – trotz Zuwanderung, die nur vorübergehend in den Jahren 2015 und 2016 zu einem kleinen Rückgang der Pro-Kopf-Wohnfläche führte (1990 lag die Wohnfläche pro Kopf noch bei 35 Quadratmeter). Ein Grund dafür war die immer noch zunehmende Versorgung mit Eigenheimen und großen Wohnungen obwohl die Haushalte im Mittel immer kleiner und vor allem Ein-Personenhaushalte immer häufiger werden.[6]

An dieser Stelle soll auch auf die Potenziale der digitalisierten Vorfertigung hingewiesen werden, die sowohl für den Gebäudebestand, aber vor allem für den Bereich Neubau auch signifikante Potenziale zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen bereithält. Neben einer deutlich höheren Qualitätssicherung sind auch weitere soziale Vorteile festzuhalten, wie bessere Fertigungsbedingungen im Werk anstelle auf der wetterausgesetzten Baustelle und mögliche Baukostenreduzierungen.

Diese Kern-Handlungsmaßnahmen (Abbildung 5) sind selbstverständlich von flankierenden Maßnahmen zu begleiten, wie eine hochstehende Aus- und Weiterbildung, ein unterstützendes Standards- und Normierungsverfahren, weitsichtige gesetzliche Instrumente, belastbare wissenschaftliche Datengrundlagen und Verfahren etc. Diese notwendigen Randbedingungen gelten jedoch auch unabhängig vom Gebäudesektor, um den Weg in Richtung einer nachhaltigen Entwicklung einzuschlagen.

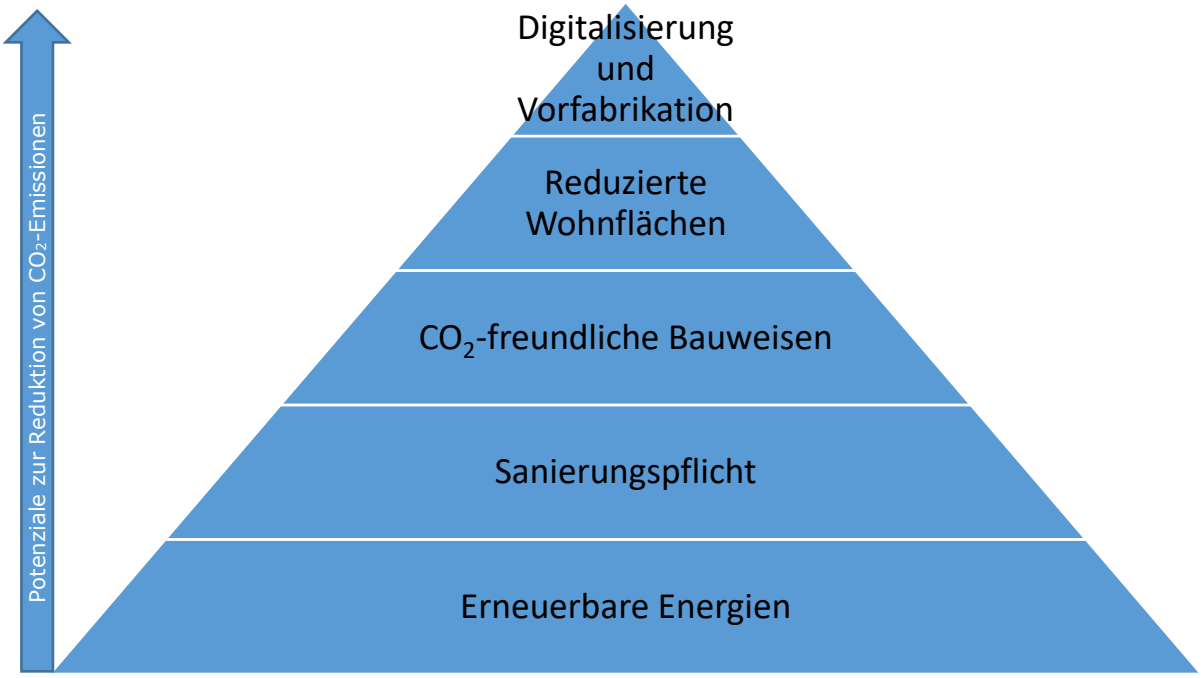


Abbildung 5: Handlungspyramide der Kernmaßnahmen zur Erreichung der 1-Tonnen-CO_2-Gesellschaft im Gebäudesektor (in Europa)

4. Fazit

Die 1-Tonnen-CO_2-Gesellschaft scheint nach heutigen Stand des Wissens und diversen Studien theoretisch erreichbar, wenn auch nur mit signifikanten ökonomischen und gesetzgeberischen Anstrengungen. Eine Fortführung des „business-as-usual" und der inkrementellen Verschärfung von Vorgaben im bekannten Tempo, werden unweigerlich zu einer Zielverfehlung führen. In erster Linie wird eine neue „Governance" vonnöten sein, die das gegenwärtige globale Marktversagen in neue Bahnen lenkt. Bei einem Ölpreis von ca. 60 US$ pro Fass (159 Liter, Sorte WTI)[7] und einem CO_2-Preis von rd. 20 Euro pro Tonne CO_2 ist eine Lenkungswirkung und ein verändertes Agieren der oft willigen Marktteilnehmer ökonomisch nicht sinnvoll. Welches Unternehmen kann es sich denn heute in einem sehr umkämpften Markt langfristig leisten entgegen den ökonomischen Spielregeln zu handeln?

[6] https://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/wohnen/wohnflaeche#textpart-3 (aufgerufen am 11.11.2018)
[7] https://markets.businessinsider.com/commodities/oil-price?type=wti (aufgerufen am 11.11.2018)

Um eine nachhaltige ökonomische Lenkungswirkung zu entfalten benötigen die Marktakteure aber verlässliche Vorgaben und eine sinnvolle Vorlaufzeit, die ihnen Planbarkeit gewährt. Sicherlich wäre eine globale Lösung erstrebenswert. Da diese sich aber gegenwärtig kaum am Horizont abzeichnet, sind auch weiterhin europäische Maßnahmen das Mittel der Wahl. Da es sich im Bausektor doch immer noch um einen nationalen bzw. regionalen Markt handelt – anders als dies Beispiele im Automobilsektor der Fall ist – sind regionale negative Verwerfungen eher zu vernachlässigen.

Die in Kapitel 3 dargelegte Handlungspyramide wird sich nur in einem Umfang und einer Geschwindigkeit materialisieren, wenn die Bereitschaft einer forcierten „Governance" schnell Fuß fasst. Die Zeiten des Zögerns und Probierens sind schnellstens zu beenden, da wir die relevantesten Lösungsansätze bereits kennen, sie aber (noch) nicht in die Zeit passen.

Danksagung

Den EIT Climate-KIC wird gedankt, dass die Projekte „Smarta Wood" und „All Wood" im Rahmen der Innovationsförderung unterstützt werden und damit eine relevante Grundlage für dieses Referat bereitstellten.

Quellen

DNR – Deutscher Naturschutzring (2011): Sechs Punkte Plan des DNR: Der Umbau des Energiesystems in Deutschland: http://www.dnr.de/downloads/sechs-punkte-plan-zum-energiesystem-in-deutsch.pdf

Energie Schweiz 2018a: https://www.local-energy.swiss/programme/2000-watt-gesellschaft/worum-geht-es-bei-der-2000-watt-gesellschaft.html#/

Energie Schweiz 2018b: Facts & Figures 2018

Heeren, N., C. Mutel, B. Steubing, Y. Ostermeyer, H. Wallbaum und S. Hellweg (2015) "Environmental impact of buildings - what matters?", Environmental Science and Technology, doi: 10.1021/acs.est.5b01735.

Heeren, N., H. Wallbaum och M. Jakob (2012) "Towards a 2000-Watt society – assessing building-specific saving potentials of the Swiss residential building stock", International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development 3 (1): 43-49. doi: 10.1080/2093761X.2012.673917.

IEA – International Energy Agency (2018): Emissions Factors.

Kesselring, Paul und Carl-Jochen Winter (1994): Energy Scenarios: A Two-Kilowatt Society - Plausible Future or Illusion? Energietage 94: proceedings, 10th - 12th November 1994. Paul-Scherrer-Institut, Villigen 1995: 103–116.

Mosteiro-Romero, M., U. Krogmann, H. Wallbaum, Y. Ostermeyer, J. Senick und C. Andrews (2014) "Relative importance of electricity sources and construction practices in residential buildings: A Swiss-US comparison of energy related life-cycle impacts", Energy and Buildings 68: 620–631. doi: 10.1016/j.enbuild.2013.09.046.

Wallbaum, H., M. Jakob, G. Martius und Y. Ostermeyer (2013) "Assessment of the relevance of "embodied energy" in the building stock of the city of Zurich" (Sustainable Building Conference 2013, 23.-28.09.2013, TU Graz, Austria).